

Assainissement du barrage de Cleuson

Autor(en): **Rechsteiner, Gian**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **120 (1994)**

Heft 23

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78351>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Assainissement du barrage de Cleuson

Par Gian Rechsteiner, Ingénieur EPFL, c/o EOS
Place de la Gare 12
Case postale 570
1001 Lausanne

GÉNIE CIVIL

1. Introduction

La S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS) possède au fond du val de Nendaz le barrage de Cleuson, situé à environ 2100 m d'altitude. Cet ouvrage, du type barrage à contreforts, capte les eaux de la Printze et de Tortin (fig. 1).

Une station de pompage située au pied du barrage permet de refouler ces eaux au sommet d'une galerie d'amenée qui les conduit soit dans le lac d'accumulation de la Grande Dixence, soit, par une dérivation, au système d'alimentation de l'usine de Chandoline. Les caractéristiques principales du barrage sont résumées dans le tableau 1.

Cet ouvrage, dont les travaux de bétonnage se sont achevés en 1950, a subi, surtout sur son parement amont, d'importantes altérations dues aux cycles de gel et de dégel. Un assainissement destiné à stopper les phénomènes de dégradation du parement amont est actuellement en cours.

Par ailleurs, un calcul hydrologique a mis en évidence que le déversoir du barrage devait être adapté aux nouvelles exigences de l'Office fédéral de l'économie des eaux relatives à l'évacuation de la crue millénaire. Il fut donc



Fig. 1. – Barrage de Cleuson: situation d'ensemble de l'aménagement

décidé de procéder à la transformation du déversoir en même temps que les travaux entrepris sur le parement amont.

Enfin, la solution choisie pour augmenter la capacité du déversoir implique la création d'un pa-

rapet le long de tout le couronnement. Ce dernier possède actuellement une largeur qui varie entre 3,35 m et 5 m. De plus, le déversoir est franchi par une passerelle en bois de 1,8 m de largeur. Les travaux de construction du parapet seront accompagnés d'une transformation du couronnement visant à lui donner une largeur uniforme.

L'ensemble des opérations d'assainissement du barrage de Cleuson prendra en tout quatre saisons allant de mai à octobre, pour des raisons climatiques. En effet, la disparition de la neige et du risque d'avalanches intervient en mai, tandis qu'en octobre apparaissent les premières neiges.

Le présent article a pour but d'exposer l'état d'avancement de ce chantier multiple en octobre 1994 et de décrire le projet en cours de réalisation, qui contient un certain nombre de détails originaux.

Tableau 1 – Caractéristiques principales du barrage de Cleuson

Barrage		
– Niveau du couronnement	2187	m
– Niveau max. d'exploitation du lac (crête du déversoir)	2186,5	m
– Niveau min. d'exploitation du lac	2112,5	m
– Hauteur max. sur fondation	87	m
– Longueur du couronnement	410	m
– Largeur du couronnement	3,35 à 5	m
– Largeur max. au pied	80	m
– Volume max. de la retenue	20 000 000	m ³
– Dates de construction du barrage	1947-1950	
Déversoir		
– Largeur totale (piles comprises)	22	m
– Nombre de passes	4	
– Largeur par passe	5	m
– Coefficient de débit	0,48	
Bassin versant		
– Surface (la Haute Printze)	16,2	km ²
– Longueur du bassin versant (thalweg principal)	5	km

2. Assainissement du parement amont

2.1 Etat du parement amont avant les travaux

Le béton du barrage de Cleuson est particulièrement sensible à l'attaque du gel-dégel, car les agrégats qui le composent manquent de particules fines, ce qui le rend poreux. La rétention d'eau dans les pores, associée au gel, le fait éclater, de préférence dans les irrégularités que constituent les joints verticaux et les reprises de bétonnage imparfaites. Le parement amont du barrage étant orienté au sud, les cycles de gel et de dégel ont tendance à se produire près d'une fois par jour à la faveur du soleil de la mi-journée, même pendant les mois les plus froids. Le processus de dégradation tend à s'accélérer, car toute nouvelle blessure constitue une amorce de dégâts. Depuis le début de l'exploitation du barrage, ces derniers se sont rapidement développés sur l'ensemble de la surface et atteignent actuellement, par endroits, des profondeurs qui dépassent 25 cm.

L'état du parement amont avant les travaux est représenté à la fig. 2. Les dégâts sont les plus importants entre les niveaux 2136 et 2171,2. La partie supérieure des contreforts entre les niveaux 2136 et 2148 a particulièrement souffert (fig. 3). Au-dessus du niveau 2171,2, dans la partie verticale, les dégâts sont un peu moins marqués. La zone inférieure du barrage, jusqu'au niveau 2136, est pratiquement indemne. Cette répartition des dégâts est due au ré-

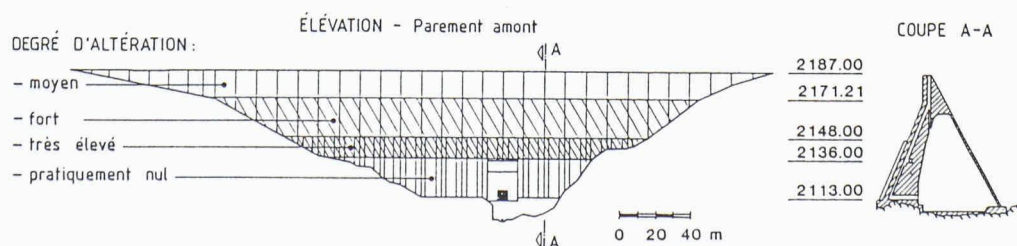


Fig. 2. - Etat du parement amont avant les travaux

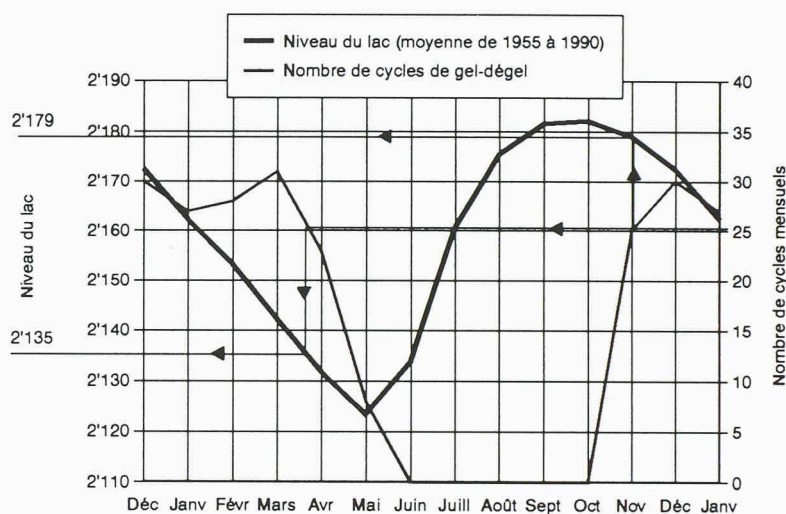


Fig. 4. - Evolution annuelle du niveau du lac et du nombre de cycles de gel-dégel

gime d'exploitation du barrage, qui est du type saisonnier.

Le niveau du lac atteint son maximum entre septembre et octobre et son minimum en mai. Les mois à forte cyclicité de gel et de dégel vont de novembre à avril. En novembre, le lac n'est plus tout à fait plein, et en avril, il n'est pas encore tout à fait vide. Cela explique pourquoi la plage de dégâts ne couvre pas toute l'étendue comprise entre les niveaux d'exploitation maximum et minimum, comme le montre la fig. 4. La courbe au trait épais y représente la moyenne arithmétique des niveaux du lac entre 1955 et 1990. La courbe au trait fin reproduit le nombre de cycles de gel-dégel mensuels établis en 1988. Cette figure permet de mettre en relation le niveau d'eau et la cyclicité. On peut y lire en particulier que le niveau d'eau correspondant à une cycli-

cité supérieure à 25 est compris entre les cotes 2135 et 2179, c'est-à-dire pratiquement entre les niveaux où les dégâts sont importants. La meilleure qualité du parement entre les cotes 2171,2 et 2179 peut s'expliquer par un moins bon accrochage de l'eau sur une surface presque verticale et par une moins mauvaise qualité du béton de cette zone, comme l'a prouvé une étude sur des éprouvettes prélevées en 1988 dans le parement amont.

2.2 Mode d'assainissement du parement amont

L'assainissement du parement amont consiste en la démolition du béton dégradé et en l'application d'une nouvelle peau, résistante au gel et adhérent aussi bien que possible au béton existant.

En ce qui concerne le nouveau revêtement à poser sur les 15 000 m² à traiter, deux solutions ont été examinées:

- application d'une couche de béton projeté
- mise en place d'une géomembrane.

La première solution a été préférée à la seconde, car il aurait fallu, pour la pose d'une géomembrane, vider le lac ou du moins en maintenir le niveau bas pen-



Fig. 3. – Etat de la partie supérieure des contreforts avant les travaux

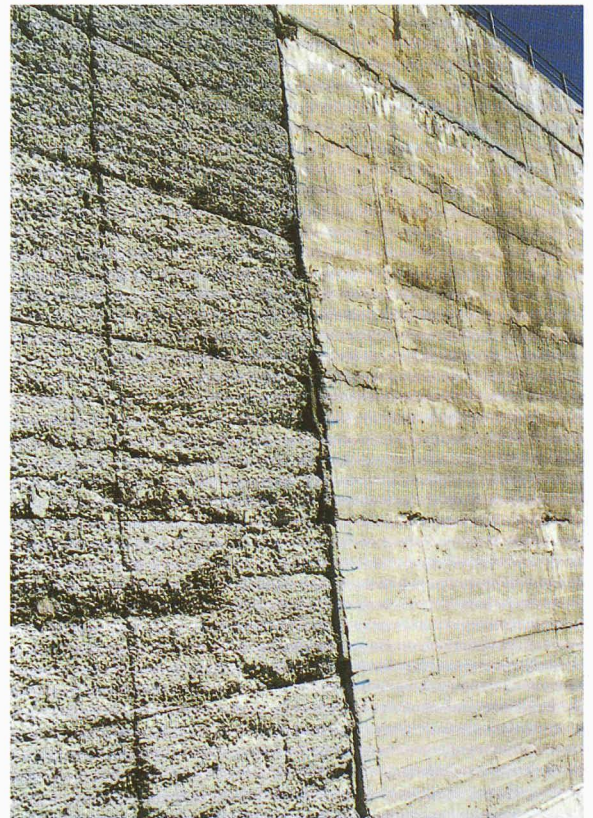


Fig. 6. – Aspect de la surface avant (à droite) et après (à gauche) hydrodémolition

dant une période trop longue pour les besoins d'exploitation de l'aménagement.

L'exploitation du barrage n'est en effet pas interrompue pendant les opérations d'assainissement. Cela a pour conséquence que le programme des travaux dépend étroitement de la position du plan d'eau qui, en une saison de travail, passe du niveau minimum d'exploitation (mai) au niveau maximum (septembre).

2.3 Préparation de la surface

La surface du béton existant est altérée aussi bien dans les zones d'éclatement que sur leurs abords. Il n'était donc pas question d'appliquer sans autre le béton projeté sur cette matrice impropre à le recevoir.

Deux solutions ont été étudiées: élimination de la couche superficielle par marteau piqueur ou par hydrodémolition. Des essais furent exécutés avec l'une et

l'autre méthodes, donnant des surfaces receveuses d'aspect équivalent. L'examen en laboratoire de carottes mit cependant en évidence une forte fissuration des agrégats en place dans le cas d'un traitement au mar-

teau piqueur, tandis que dans le cas de l'hydrodémolition, les agrégats étaient préservés. L'hydrodémolition fut ainsi retenue. Il s'agit là de la projection d'un jet d'eau à très haute pression (1500 bar, 2 l/s) ayant pour effet



Fig. 5. – Robot d'hydrodémolition. La tringle de guidage de la lance est bien visible.

de faire éclater la couche superficielle de faible résistance recouvrant le béton de meilleure qualité. La lance est fixée sur un robot agissant sur une largeur de 12 m, en montant de 3 cm après chaque passe. Le robot est représenté à la fig. 5. La photographie de la fig. 6 donne un aspect de la surface avant et après hydrodémolition. Le robot est suspendu à un treuil fixé au couronnement. Il est contrôlé à partir d'une nacelle suspendue à faible distance. La profondeur moyenne d'action est de 6 cm. Le robot, dont la vitesse de translation est constante, permet d'obtenir une surface de béton receveur relativement homogène du fait que les couches les plus mauvaises sont attaquées plus profondément que celles de meilleure qualité. L'équipement mis en oeuvre au barrage de Cleuson permet de traiter environ 80 m² à l'heure. Le parement amont est divisé en panneaux d'une largeur de 12 m et d'une hauteur variant entre 12 et 23 m (fig. 7). Chacun est relevé en détail après hydrodémolition au robot, complétée par des retouches locales au marteau piqueur. Ce relevé constitue le seul souvenir de l'état de la surface avant l'application du béton projeté. Il per-

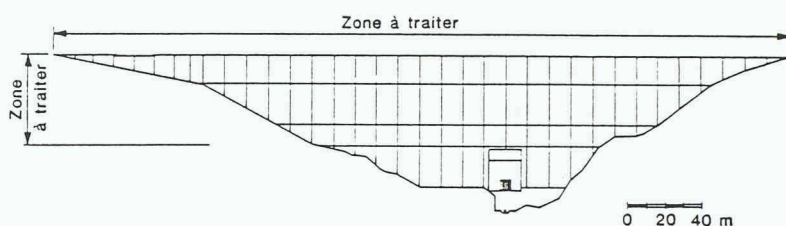


Fig. 7. – Division en panneaux de la zone à traiter

met aussi de choisir à bon escient les endroits où seront prélevées les carottes destinées au laboratoire.

2.4 Béton projeté

Contrairement à la solution habituelle, le béton projeté n'est pas fixé au support à l'aide de treillis. Ces derniers, afin d'éviter une ségrégation des éléments constitutifs du béton projeté, provoquant une inhomogénéité dans l'épaisseur, ne doivent pas vibrer, et pour cela être munis de nombreuses fixations. Le coût non négligeable des treillis, ajouté à celui des fixations, a poussé les auteurs du projet à renoncer purement et simplement aux treillis et à donner aux fixations une forme particulière. Comme le montre la fig. 8, il s'agit de barres d'armature d'un diamètre de 12 mm façonnées en forme de champignon et ancrées dans le béton receveur à raison de quatre pièces par m².

Un panneau muni de tels goujons est représenté à la fig. 9. La quantité totale des goujons sera de 60 000.

Le béton projeté, d'une épaisseur sur pointe de 10 cm, est appliqué sur la surface ainsi préparée, abondamment mouillée au préalable. La voie humide a été préférée à la voie sèche, non par besoin d'innovation, mais pour des raisons financières et de rendement. En effet, le refus attendu du béton projeté par voie humide était inférieur à 10%, ce qui se confirme sur le chantier. De plus, alors qu'il est recommandé d'appliquer le béton par voie sèche en plusieurs couches, une multiplication des couches dans le cas de la voie humide est plutôt néfaste à l'homogénéité. Les panneaux projetés jusqu'ici n'ont posé aucun problème d'exécution. Les carottes prélevées révèlent une excellente continuité entre le béton receveur et le béton projeté.

La composition du béton projeté a fait l'objet de nombreux essais, menés en 1993 sur des panneaux préfabriqués, en plaine, puis sur le barrage lui-même aussi bien avec du béton par voie sèche que par voie humide. Les qualités requises étaient avant tout la résistance au gel et un module d'élasticité bas, la résistance mécanique étant secondaire. La formule la plus favorable, autant du point de vue des qualités intrinsèques que de la facilité de mise en place, s'est avérée être la suivante:

- agrégats: 0 à 8 mm
- ciment Portland: 425 kg/m³
- poudrette de caoutchouc: 8 kg/m³

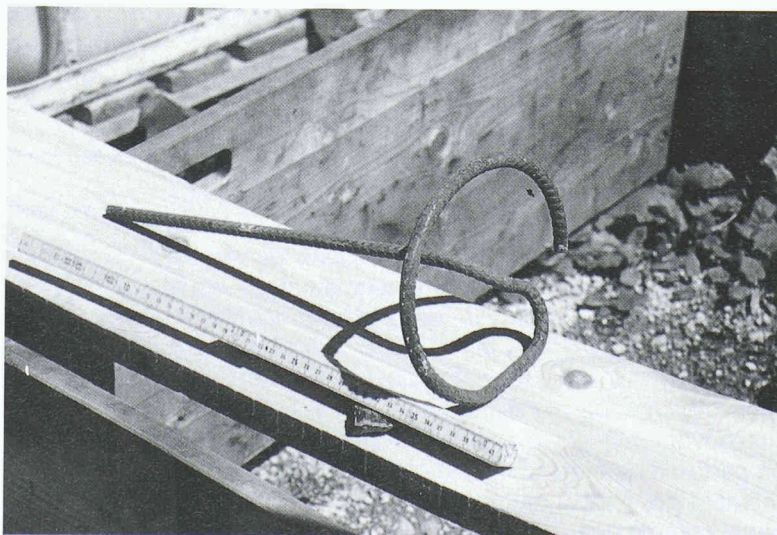


Fig. 8. – Goujon d'ancrage

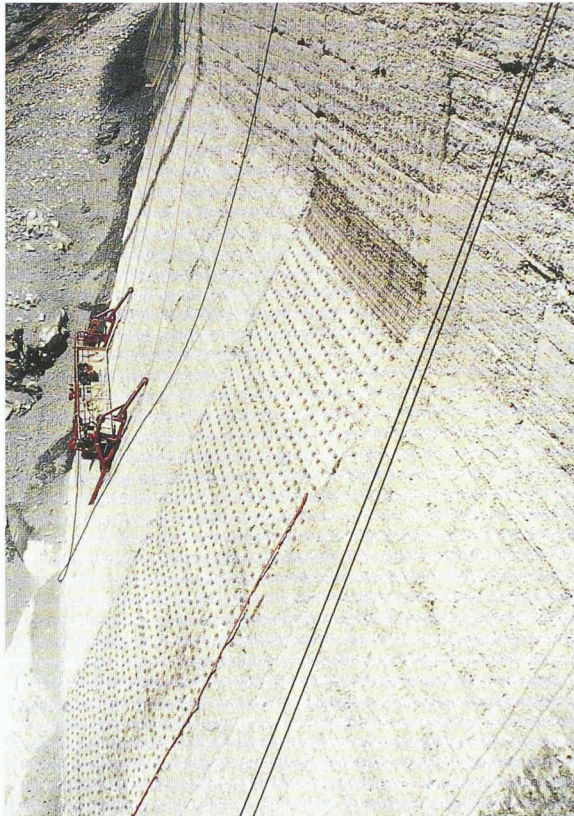


Fig. 9. – Panneau muni de goujons

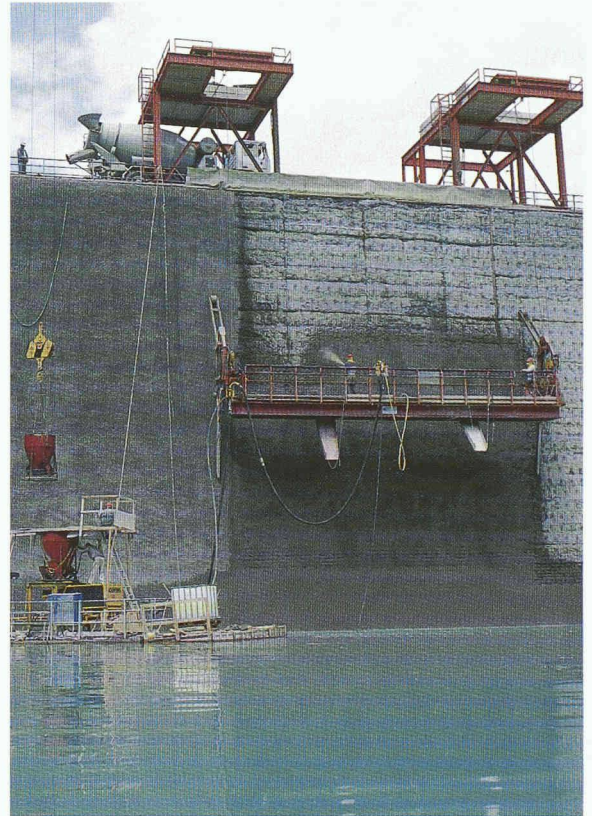


Fig. 10. – Equipement nécessaire à la projection du béton: pompe sur radeau, plate-forme de travail, portiques de suspension de la plate-forme, benne à béton, camion malaxeur

- fibres métalliques (Dramix):
20 kg/m³
- adjuvants
- facteur eau/ciment: env. 0,5.

Les fibres métalliques sont destinées à donner au béton projeté une certaine ductilité, lui permettant de lutter par lui-même contre l'absence de treillis et de se déformer par micro-fissuration plutôt que par un faïencage important.

La mise en place du béton projeté a lieu à l'aide d'une lance tenue par un homme placé sur une nacelle mobile de 14 m de longueur, suspendue à deux portiques situés sur le couronnement. Le béton est pompé depuis un radeau flottant sur le lac. Il est fabriqué en plaine et amené au chantier par des camions malaxeurs, d'où il est transféré à la pompe par une benne à l'aide d'une grue. L'équipement nécessaire à la projection du béton est représenté à la fig. 10. Il permet d'en appliquer environ 40 m³ par jour, soit de recouvrir 350 à 400 m². Un soin particulier a été accordé au traitement des joints qui sont à l'origine, comme évoqué plus haut, des premiers dé-

gâts. La solution retenue repose sur le colmatage du joint avant projection par une bande de Mastix, cordon de matériau bitumineux à très forte adhérence posé à chaud, et doté sur sa surface extérieure de gravier calcaire propice à l'accrochage du béton projeté. Après application de ce dernier, le joint est amorcé par sciage de la surface sur les deux tiers de l'épaisseur de béton projeté. Le sillon, d'une largeur de 9 mm, est finalement rempli d'un mastic plastique empêchant la pénétration de l'eau (fig. 11).

La projection du béton se fait par panneaux (fig. 7). Etant donné que tous les panneaux d'une même bande verticale de 12 m de largeur ne peuvent être bétonnés la même saison, la jonction entre deux panneaux, particulièrement au droit de la cassure de pente du barrage au niveau 2171,2, constitue une zone de faiblesse pouvant donner naissance à une fissure horizontale. Pour prévenir ce phénomène, la projection du béton est interrompue sur environ 1 m tout au long de cette cassure. L'espace libre est occupé par un

treillis dont les bords sont englobés dans les extrémités supérieure et inférieure des panneaux en présence. Dans le cas où le panneau supérieur est exécuté avant le panneau inférieur, le joint ne sera fermé qu'à la fin des travaux. Un treillis en attente fait l'objet de la fig. 12.

3. Transformation du déversoir et du couronnement

3.1 Justification de la transformation et choix de la solution

Sur la base des exigences de l'Office fédéral de l'économie des eaux, un nouveau calcul de

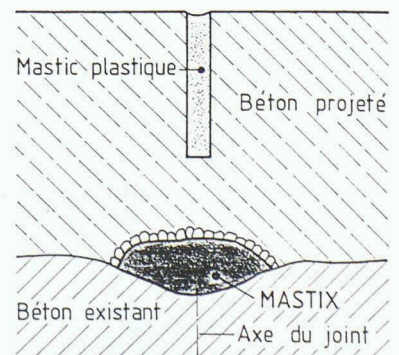


Fig. 11. – Coupe en travers d'un joint vertical

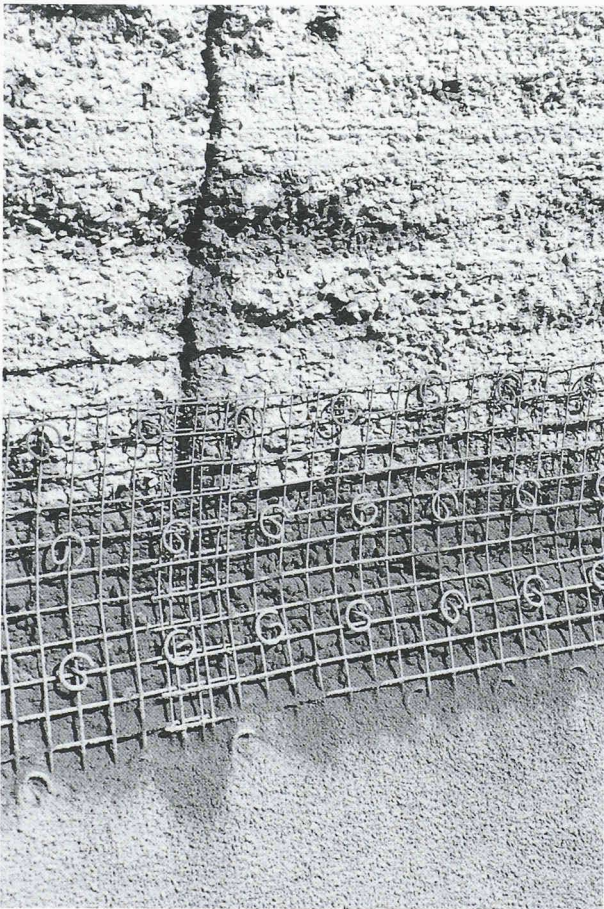


Fig. 12. – Treillis en attente au droit de la rupture de pente

la crue millénaire du barrage de Cleuson conduit à la valeur de $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Or le déversoir actuel n'est pas en mesure d'évacuer ce débit.

La capacité du déversoir pouvait être augmentée essentiellement de trois manières:

- élargissement du déversoir,
- abaissement du seuil fixe et adjonction de vannes mobiles,
- création d'un parapet tout le long du couronnement pour augmenter la charge hydrostatique qui détermine le débit.

La première solution a été écartée, car elle impliquait de gros travaux de transformation de la structure même du barrage. De plus, le chenal situé juste à l'aval du déversoir est dimensionné en fonction de la largeur actuelle de 22 m.

L'adjonction d'organes mobiles n'a pas été retenue à cause du coût de construction élevé et de l'entretien délicat d'une installation de ce type dans le climat rigoureux du barrage, dont l'accès est difficile environ six mois sur douze.

Le choix s'est donc porté sur la troisième solution, laquelle nécessite de refaire le couronnement sur toute sa longueur.

Comme ce dernier possède une largeur de 5 m sur sa plus grande partie et se rétrécit à 3,35 m à ses deux extrémités, dont celle qui contient le déversoir, il fut décidé d'englober dans les travaux un couronnement d'une largeur constante de 5,4 m.

Le déversoir original était franchi par une passerelle en bois décrochée vers l'aval par rapport à l'alignement du couronnement, afin d'éviter que la lame d'eau déversée ne vienne la lécher. Ce décrochement, dans l'optique d'un nouveau couronnement, était malvenu et il fut décidé de le supprimer. Pour ce faire, il était nécessaire de déplacer la crête du déversoir vers l'amont pour préserver l'alignement de la voie de roulement sur le couronnement par-dessus le déversoir. L'occasion était en même temps donnée de conférer au déversoir une meilleure forme

hydraulique et de remplacer la passerelle en bois par un pont en béton.

3.2 Travaux sur le déversoir et sur le couronnement

Ces travaux comportant des ouvrages de béton armé ordinaire, peu de lignes leur seront consacrées ici. Elles seront avantageusement remplacées par quelques figures.

Les travaux de bétonnage du déversoir sont achevés, tandis que la construction du couronnement se fera au cours des prochaines saisons.

La fig. 13 représente la forme de l'ancien et du nouveau déversoir. Elle illustre également le nouveau pont en béton armé et la ligne d'écoulement de l'eau en cas de crue millénaire.

La fig. 14 reproduit la coupe en travers du futur couronnement, là où ce dernier possède 5 m de largeur et là où il n'est actuellement que de 3,35 m (rive droite).

4. Divers

4.1 Etat des travaux

à la fin de la saison 1994

A l'issue de la saison 1994, l'état des travaux est le suivant.

- Assainissement du parement amont: un quart de la surface est traité. Il est prévu de ter-

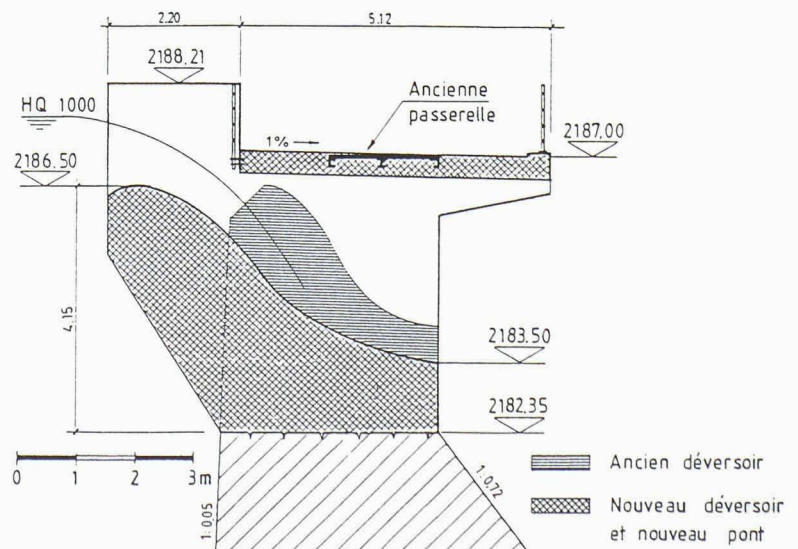


Fig. 13. – Ancien et nouveau déversoir

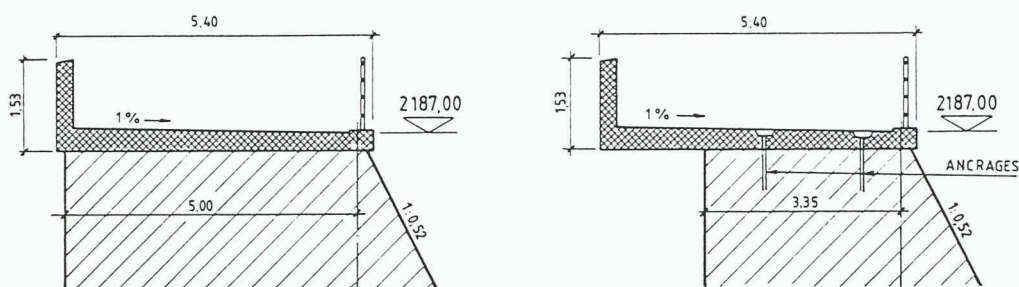


Fig. 14. - Coupes en travers du futur couronnement

miner l'assainissement en juin 1997.

- Déversoir: le bétonnage du déversoir et des piles du pont est terminé. Le tablier du pont sera construit en mai-juin 1995.
- Couronnement: les travaux de réfection du couronnement n'ont pas encore commencé. Les travaux débuteront en juin 1995 et se termineront en août 1997.

Le programme des travaux est basé sur quatre périodes de 6 mois. Ces périodes pourront être allongées ou raccourcies suivant l'évolution des conditions atmosphériques en début et en fin de saison. La nature des travaux est très souple et leur échéance ne sera pas remise en cause par des retouches du programme liées à la longueur des saisons.

4.2 Composition du consortium

L'appel d'offres pour les travaux d'assainissement du barrage a été lancé à un certain nombre d'entreprises spécialisées réputées être en mesure de les mener à bien et choisies par le maître de l'ouvrage. Elles étaient libres de se constituer en consortium. Les travaux ont été adjugés au consortium suivant:

- Agebat S.A., succursale de Nendaz, chef de file
- Dénériaz S.A., Sion, administration
- Jean & Cie S.A., Nendaz.

Les sous-traitants, dont la plupart ont leur siège à Nendaz, ne sont pas mentionnés ici.

4.3 Garantie, conseillers techniques

La garantie pour tous les travaux court pendant cinq ans à partir

de la fin de la dernière intervention.

Chaque partie s'est adjoint un conseiller technique. Pour sa part, le maître de l'ouvrage est conseillé par des experts de TFB, dont le laboratoire se trouve à Vernier.

5. Conclusions

Durant les 44 premières années d'existence du barrage de Cleuson, le parement amont s'est dégradé sous l'effet du gel et du dégel. La profondeur et l'étendue des dégâts ont été favorisées par la qualité du béton, par l'altitude à laquelle est situé le barrage et par son orientation. De plus, le déversoir ne permet pas d'absorber la crue millénaire.

Des travaux de réparation du parement amont et d'adaptation aux exigences posées par l'écoulement des crues étaient donc devenus indispensables.

Ces opérations, qui doivent s'étendre sur quatre ans, sont décrites dans le présent article, l'auteur s'étant plus particulièrement attaché aux aspects des travaux qui offrent une certaine originalité.

Les solutions choisies, respectueuses de l'environnement, permettront au barrage de remplir, longtemps encore et en toute sécurité, le rôle auquel il est destiné.

Promotion de jeunes ingénieurs pour la surveillance des barrages

Point de départ

Il y a aujourd'hui, en Suisse, plus de 150 barrages de plus de 15 m de hauteur ainsi que de nombreuses petites retenues qui, pour des raisons de sécurité, doivent être surveillés et entretenus. Près de vingt ans se sont écoulés depuis la période faste de la construction des barrages de 1945 à 1974, durant laquelle les deux tiers de tous les ouvrages - ou plus de trois par an - ont été érigés.

Plusieurs professionnels de la branche qui y avaient été associés ont, entre-temps, pris leur retraite ou sont décédés. Du fait de l'arrêt *de facto* de toute construction en Suisse et des difficultés croissantes de la construction à l'étranger, la formation d'un nombre suffisant de professionnels à même de prendre en charge le parc substantiel des barrages suisses justifie quelques préoccupations.